

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-305159

(43)Date of publication of application : 05.11.1999

(51)Int.Cl.

G02B 26/10

(21)Application number : 10-122782

(71)Applicant : SEIKO INSTRUMENTS INC

(22)Date of filing : 17.04.1998

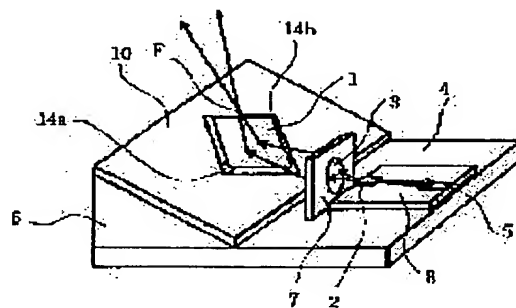
(72)Inventor : IWAKI TADAO  
KOMATA KIMIO

## (54) FINE OSCILLATION MIRROR ELEMENT AND LASER SCANNER USING THE ELEMENT

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To form a fine oscillation mirror, a pair of fixed electrode plates and a pair of mirror receivers on a semiconductor substrate by micromaching technology.

SOLUTION: A fine oscillation mirror module constituted of installing a semiconductor fine oscillation mirror element 1 formed by mounting a fine oscillation mirror, a pair of fixed electrode plates and a pair of mirror receivers on a semiconductor substrate by the micromaching technology, a semiconductor laser 2 and light converging fine lens 3 on a base substrate 4 is sealed into a vacuum container having a laser light exiting window and driven by voltage having a non-linear waveform which is a driving voltage to be periodically changed and allowed to be dropped and boosted like a non-linear function between a maximum value and a minimum value with the lapse of time so that the displacement angle of the fine oscillation mirror is changed linearly about time.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 16.12.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3023674

[Date of registration] 21.01.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

特開平11-305159

(43)公開日 平成11年(1999)11月5日

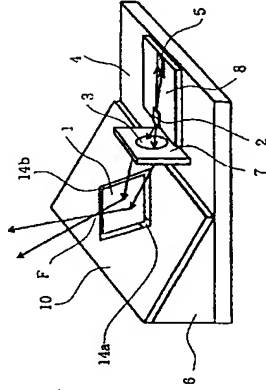
(51)Int.Cl. <sup>7</sup> G 0 2 B 2 6 / 1 0	識別記号 1 0 1	F I G 0 2 B 2 6 / 1 0	1 0 1
要 求 項 の 数 9 F D (全 9 項)			
(21)出願番号	特開平10-122782	(71)出願人	000002325 セイコーインスツルメンツ株式会社 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地
(22)出願日	平成10年(1998)4月17日	(72)発明者	岩城 忠雄 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番 セイ コーインスツルメンツ株式会社内
		(72)発明者	小俣 公夫 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番 セイ コーインスツルメンツ株式会社内
		(70)代理人	弁理士 松下 義治

## (54)【発明の名称】 微小揺動ミラー素子及びこれを用いたレーザ走査装置

## (57)【要約】

【課題】 微小揺動ミラー、一対の固定電極板、及び一対のミラー受が半導体基板上に微細加工技術によって形成された微小揺動ミラー素子を用いたレーザ走査装置を提供すること。

【解決手段】 微小揺動ミラー、一対の固定電極板、及び一対のミラー受が半導体基板上に微細加工技術によって形成された半導体の微小揺動ミラー素子1、半導体レーザ2、及び集光用微小レンズ3をベース基板4上に取付け付けた微小揺動ミラーモジュールをレーザ光の出力窓を有する真空容器9に封入し、且つ周期的に変化する駆動電圧であって最大値と最小値の間を時間と共に非線形偏数的に下降し次いで上昇する非線形波形の電圧で駆動して、微小揺動ミラーの変位角が時間に対して直線的に変化するようにした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 揺動電極板部とミラー部からなる微小揺動ミラー、前記揺動電極板部と前記ミラー部との間に静電電力を発生するようにその左右に対称的に配置された一対の固定電極板、及び前記微小揺動ミラーのストッパー並びにその電極荷を除くアース部材として機能するようにその左右に対称的に配置された一対のミラー受が半導体基板上に微細加工技術によって形成された半導体の微小揺動ミラー素子において、周期的に変化する駆動電圧であって最大値と最小値の間を時間と共に非線形偏数的に下降し次いで上昇する非線形波形の駆動電圧が前記揺動電極板部及び一対の固定電極板に与えられることによって、前記微小揺動ミラーの変位角が時間に対して直線的に変化することを特徴とする微小揺動ミラー素子。

【請求項2】 前記周期的に変化する駆動電圧は、最大値と最小値の間を時間と共に非線形偏数的に下降し次いで上昇するアナログ的な非線形波形の電圧であることを特徴とする請求項1の微小揺動ミラー素子。

【請求項3】 前記周期的に変化する駆動電圧は、最大値と最小値の間を時間と共に非線形偏数的に下降し次いで上昇するアナログ的な非線形波形の電圧でパルス幅変調されて得られたものと同一のデジタル的な非線形波形の電圧であることを特徴とする請求項1の微小揺動ミラー素子。

【請求項4】 揺動電極板部とミラー部からなる微小揺動ミラー、前記揺動電極板部と前記ミラー部との間に静電電力を発生するようにその左右に対称的に配置された一対の固定電極板、及び前記微小揺動ミラーのストッパー並びにその電極荷を除くアース部材として機能するようにその左右に対称的に配置された一対のミラー受が半導体基板上に微細加工技術によって形成された半導体の微小揺動ミラー素子、レーザ光を発生する半導体レーザ、及び前記微小揺動ミラー素子と前記半導体レーザとの間に配置された集光用微小レンズをベース基板4上に取付け付けた微小揺動ミラーモジュールにおいて、周期的に変化する駆動電圧であって最大値と最小値の間を時間と共に非線形偏数的に下降し次いで上昇する非線形波形の電圧が前記揺動電極板部及び一対の固定電極板に与えられることによって、前記微小揺動ミラーの変位角が時間に対して直線的に変化することを特徴とする微小揺動ミラー素子を用いたレーザ走査装置。

【請求項5】 前記微小揺動ミラー素子、レーザ光を発生する半導体レーザ、及び前記微小揺動ミラー素子と前記半導体レーザとの間に配置された集光用微小レンズをベース基板4上に取付け付けた微小揺動ミラーモジュールにおいて、周期的に変化する駆動電圧であって最大値と最小値の間を時間と共に非線形偏数的に下降し次いで上昇する非線形波形の電圧が前記揺動電極板部及び一対の固定電極板に与えられることによって、前記微小揺動ミラーの変位角が時間に対して直線的に変化することを特徴とする微小揺動ミラー素子を用いたレーザ走査装置。

【請求項6】 前記微小揺動ミラー素子の焦点面が前記微小揺動ミラーで反射された後の光路上に形成されるように位置づけられて、前記微小揺動ミラー素子、半導体レーザ及び

び微小レンズがベース基板4上に配置されていることを特徴とする請求項4の微小揺動ミラー素子を用いたレーザ走査装置。

【請求項7】 前記半導体レーザの出力窓の反対側のベース基板上に、出力光強度のモニター用フォトダイオードを配置したことを特徴とする請求項4の微小揺動ミラー素子を用いたレーザ走査装置。

【請求項8】 前記周期的に変化する駆動電圧は、最大値と最小値の間を時間と共に非線形偏数的に下降し次いで上昇するアナログ的な非線形波形の電圧であることを特徴とする請求項4の微小揺動ミラー素子を用いたレーザ走査装置。

【請求項9】 前記周期的に変化する駆動電圧は、最大値と最小値の間を時間と共に非線形偏数的に下降し次いで上昇するアナログ的な非線形波形の電圧でパルス幅変調されて得られたものと同一のデジタル的な非線形波形の電圧であることを特徴とする請求項4の微小揺動ミラー素子を用いたレーザ走査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、揺動電極板部とミラー部からなる微小揺動ミラー、前記揺動電極板部と前記ミラー部との間に静電電力を発生するようにその左右に対称的に配置された一対の固定電極板、及び前記微小揺動ミラーのストッパー並びにその電極荷を除くアース部材として機能するようにその左右に対称的に配置された一対のミラー受が半導体基板上に微細加工技術によって形成された半導体の微小揺動ミラー素子、及びこの微小揺動ミラー素子を用いて構成したレーザ走査装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 薄層膜やブリタ等のレーザ走査装置としては、ポリゴンミラーやガルバノミラーを用いたレーザ走査装置が一般的である。図12は従来のポリゴンミラー装置を用いた光走査系の一例を示すもので、高速回転するスピンドルモータ43で駆動されるポリゴンミラー42は、半導体レーザ41からのレーザ光を反射して所定の角度だけ繰り返し繰り返し傾斜する。ポリゴンミラー42で反射されたレーザ光は、集光レンズ44と45を通過した後、反射ミラー46で偏向されて感光ドラム47上に焦点を結ぶ。ポリゴンミラー装置は構造が複雑で、且つ動作も安定しているのが問題である。この問題は、ガルバノミラーを用いたレーザ走査装置にも共通のものである。即ち、一般にレーザ走査装置にはジッタ等の機械的な非同期動作が生じるが、ポリゴンミラーやガルバノミラーは慣性が大きいために、ジッタ等の機械的な非同期動作を電位信号の調整で解消することが困難であり、その一々の質量バランスを精密に調整することが必要で、さうである。このため装置が大型になってしまうことであり、且つ上記バラン調整は容易ではないという問題がある。

【0000】そこで、プロジェクタの反射ミラーとして採用されている微小移動ミラー素子を用いた光偏角装置を、液晶板やプリングの光伝達系と利用して小型化を図る、その理由は、この近來の微小移動ミラー素子を用いた光偏角装置はミラーの変位角が時間に対して非直線的に変化する非線形変容を行うことである。即ち図13において、駆動電圧はその段に示す如く矩形波パルス電圧であり、ミラーの変位角はその段に示す如く最大値と最小値の間を時間と共に非線形増減の下降し続けると上昇する繰り返り変容、即ち二角波が重なるように繰り返り変形となっている。微小移動ミラー素子をアレイ上に配置して映像画像をスクリーンに投影することを目的としたものであるために、従来はミラーの変位角を時間に対して直線的に変化させる必要はなかったのである。ここに微小移動ミラー素子では、例えばデキサーストーン型偏角ミラー素子によって構成されたカンチレバー型偏角ミラー素子（CB-DMD）のことである。

【0004】  
 [発明が解決しようとする課題] 解決しようとする課題は、微小電磁波部とミラー部が異なる微小運動ミラー、前記微小電磁波部との間に静電気力を発生するよう一、にその左右に対称的に配置された一対の固定電磁波、及び前記微小運動ミラーのストロークに準じて帯電電流所除去部材と一対のミラー受が半導体基板上に微細加工工程によって形成された半導体の微小運動ミラー素子において、前記微小運動ミラーの変位幅が時間と共に対して直線的に変化するようには駆動することである。解決しようとする他の課題は、前記微小運動ミラー素子を用いたレーザ走査装置を構成することである。

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するためには、微動電極板面とミラー部からなる微小移動ミラー、前記微動電極板面との間に電磁気力を発生するように、その左右に対称的に配置された一対の固定電極板、及び前記微小移動ミラーのようにならびに、前記固定電極板除去部材として機能するように、その左右に対称的に配置された一対のミラー受が半導体基板に、微細加工技術によって形成された半導体の微小通動ミラー素子を、周期的に変化する駆動電圧であって、最大値と最小値の間を時間と電圧に非線形動的に下降し、続いて上昇する非線形変形の電圧で駆動して、微小移動ミラーの変位角が時間に対して正弦的に変化するようにした。

【0006】レーザ垂直装置を、揺動電極板部とミラー部とからなる微小揺動ミラー、前記揺動電極板部との間に静電気力を発生するようにその左右に対称的に配置された一対の固定電極板、及び前記微小揺動ミラーのストロークに並び、帯電電荷蓄積部材として機能するようにそ

の左右に放射的に配置された一対のミラー受が半導体基板の上に微細加工技術によって形成された半導体の第3電極層、つまりミラー素子、レーザー光を発生する半導体レーザ、及び動画像撮像装置、ミラー素子と前記半導体レーザとの間に配置された微小用微小レンズをそれぞれ最大厚さで構成され、周方向的に変化する駆動電圧に基づいて変位を行う。また、周方向的に変化する駆動電圧の下で、微小用微小レンズの傾斜角が時間に対して直線的に変化するようにした。

「1000」前記レーザー走査装置において、微小移動ミラー素子、半導体レーザ、及び偏光用レンズをベームスプリング基板に取り付けてモジュール化し、且つ光学系を有する1つの真空容器に封入して、ミラーの揺動動機を効率的に高めた。前記微小レンズの焦点面が前記微小移動ミラーで反射された後の光路上に形成されるように位置づけて、微小移動ミラー素子、半導体レーザ及び微小レンズをベームスプリング基板に配置することによって、コンパクトな設計を容易にし、更に関連する光学系の制約を少なくした。前記半導体レーザの出力端面の反射側のベームスプリング上に、フォトダイオードを配置して出力光強度のモニターを容易に行うようにした。

と最小値の間を時間と共に非線形連続的に下げる、次いで下昇するアブソル的な非線形変形の電圧とするこゝによって、 $1\text{kHz}$ 程度の低周で走査する場合に対応できるようにした。更に、前記周期的に変化する駆動電圧を、最大値と最小値の間を時間と共に非線形連続的に下げる、次いで下昇するアブソル的な非線形変形の電圧として、 $100\text{Hz}$ 程度の高周で走査する場合に対応できるようにした。

**[6000]**

【発明の要述の形態】本発明に係る微小超導回路一素子系は、図1にその主要部の構成を、且つ図2にその全体の様子を示す通り、一素子基板4の上図2に微小超導回路一素子系1、レーザ光を発生する半導体レーザ2、及び微小超導回路一素子系1と半導体レーザ2との間に配置された電光ミラー素子3の少なくとも3つの構成要素を取り付け構成されたものである。

レーザ台8が形成され、ミラー台6の上には微小凸動ミラー素子1が取り付けられ、ミラー台8の上には微小半球体ミラー素子2が取り付けられている。ミラー台6は所定の角度を有する断面が三角形の部材であり、半球体ミラー素子2から集光用微小レンズ3を経て入射された入射光Pを微小凸動ミラー素子1が所定方向に反射するように、従って反射光Rが射出窓9から真空容器9の外に適切に射出されるように前記角度は定められている。出力光強度のミラー用フォトダイオード5は、半球体ミラー素子2の出力

口の反対側に配置されレーザー台8の上に取り付けられている。

【0011】微小活動ミラ一葉子1は、図3ないし図4に示す如く、ミラ一支柱12を介してジョイント部10に接続可能に取り付けられた微小活動ミラ一1、ミラ一支柱12の左右に対称的に配置された一対の固定座板16aと16b、及び前記ミラ一支柱12の左右に前記固定座板16aと16b、及び前記ミラ一支柱12の左右に前記固定座板16aと16bより外側に左右に対称的に配置された一対のミラ一受18aと18bとから構成されている。

エッジングを用いた鉄筋加工技術により作製されたもので、シリコン基板の左右に対称的に配置された電極支柱**17a**と**17b**、及びその外側に対称的に配置されたシリコン受台**19a**と**19b**がそれぞれ形成され、更にシリコン支柱**15a**と**15b**の上にはヨウ素3を移動可能な受持台**14a**と**14b**が、電極支柱**17a**と**17b**の上には薄膜状の固定電極板**16a**と**16b**が、及びシリコン受台**19a**と**19b**の上にはラウエ受台**18a**と**18b**がそれぞれ形成されて作製されたものである。

及びヒンジ台15aと15bの具体的な構造を示す。ミ  
[0011]図4はヨーク13、ヒンジ4aと14b  
ラびヒンジ台15aと15bの具体的な構造を示す。ミ  
ラびヒンジ台15aと15bにそれぞれ固定された一  
対の線状弾性板のヒンジ4aと14bによって、これ  
らと結合部即ち揺動軸上と揺動可能にて支持されてい  
る。ヨーク13とヒンジ4aと14bは、弾性の大き  
な金属材料、例えばアルミニウム合金などによ  
って一体に形成されている。ヒンジ4aと14bはヨ  
ーク13に比べて揺動軸に沿って細く形成されており、  
なれど易く且つ弾性回復し易い構造となっている。ヨ  
ーク13とヒンジ4aと14bの厚みは1~100  $\mu\text{m}$   
程度である。ヨーク13、ヒンジ4aと14b及びヒ  
ンジ台15aと15bは駆動電圧(揺動電圧)と固定電  
圧に供給する回路の一部を構成している。

側)に且つミラー部が上側にそれぞ形成された方形薄板の部材である。微小活動ミラー11は、一對の固定電極板16aと16bと平行に且つ方形薄板のヨーク13と対角線を交差させて、その中心部で力性のあるミラー支柱12によって支持されている。そしてミラー支柱12は、ペンジ台15aと15bと一對の弾力性のあるペンジ14aと14bによって活動可能に支えられている。ヨーク13上に形成されている、従って微小活動ミラー11は、一對の細長い薄板のペンジ14aと14bを結ぶ線を活動軸として、ミラー対角線に沿った活動が可能となつている。微小活動ミラー11の大きささは活動性の高さには1~10μm程度である。

【0015】微小揺動ミラー11とミラー受18aと1

8bは、弾力性のあるサルベニアなどを添加した、ステラフエアルミシムなどによって形成された、ミラー支柱12、ヒンジ台15aと15b、電磁致圧11のミラー台17b、及びミラー受台19aと19bは、クランプボルトを注入又は嵌収させて導電性を有めたシリコン樹脂で形成されている。ミラー受18aと18bは、微小凸部とミラー11の運動端部を受けるストッパーとして機能する。ミラー受台19aと19bはアース材として機能する。ミラー受台19aと19bはアース材として機能する。ミラー受19aと19bはアース材として機能する。ミラー受18aと18bは微小凸部とミラー11と同質の材料で構成されているので、微小凸部とミラー11がミラー受に衝突するときの西部閉鎖の摩擦を最小にすることができた。

【0016】微小レンズ3は、その焦点面が微小動動位置に形成されるよう、ラ一素子1で反射された後の光路上に形成されるよう、動動位置に、微小動動ミラー素子1と半導体レーザーの間に配置されている。即ち図1及び図5Aと5Bに示す如く、微小レンズ3で集光され入射されるレーザー光は、微小動動ミラー素子1の微小動動ミラー1で反射された後の光路上に焦点Fを結んでいる。このようにすることによって、走査後の光をコリメータする場合に、コリメータレンズからより近い位置に焦点面が存在するようになり、従ってコリメータレンズの設計が容易になるという。同時に、それ以外の光学系の簡約が少くなるという効果がある。

【0017】本発明の好ましい実施例において、微小運動10017-1は、図2に示す如く出射窓を有する真空容器9内に収納される。このようにすることによって微小運動10017-1は空気抵抗を受けなくなり、10017-100kH<sub>2</sub>という高速振動を行っても空気抵抗によるエネルギー損失の発生がなく、従って微小運動10017-1の動作が効率的になった。真空容器9はアルミニウム製の筒状で形成したものである。真空容器9のガス圧は0.2気圧程度以下であれば十分に特性を保持できるが、0.1気圧以下にするのが望ましい。また、容器9内を真空に保つとともに、アルゴンガスや窒素ガスなどの非酸化性ガスに置換した状態にすることで、より長寿命化を図ることができる。真空容器9のシールは、ハネメツサシシなどのも適切な技術が用いられる。

射されたレーザー光は微小レンズ3で収束し、図10[0018]に示す如く、微小移動量 $\Delta x$ を有する反射面1上で反射された後の光路上であって、微小移動量 $\Delta x$ が大きいから一定の所定距離の坪面上に焦点面Fを形成する。微小移動ミラー素子1で反射されたレーザー光を出射口となる出射窓9Fに照準平行にしても真空窓9Jに形成されている。出射窓9Wは、実用化においては、走査されるレーザー光の最大入射角と最小入射角との差を形成する反射中心Qに垂直に配置した透明板、透明点を形成する反射中心Qに垂直に配置した透明板、透明

えはアクリルやポリカーボネートなどの高分子材料やガラスの透明板を用いて形成する。また、出射光Wの両面、少なくとも一方の面には使用波長に対応した無反射コーティングを施し、背面での反射損失を低減させている。

【0019】微小揺動ミラー素子1の駆動電圧供給回路は、微小揺動ミラー11の揺動電極板の構造によって方式が異なる。即ち図6は、1つの揺動電極板部11eと1つのミラー部11mとから構成された微小揺動ミラー11を有する微小揺動ミラー素子1の駆動電圧供給回路である。図7との違いを明確にするために揺動電極板部11eとミラー部11mは別々の部材で形成しているように示してあるが、本発明の一実施例においては揺動電極板部とミラー部はアルファスアルミニウムで一体に形成された部材である。図8において、揺動電極板部11eは線16aと線16bを経て、揺動電極板部11aと線16aと線16bを経て揺動回路20にそれぞれ接続されている。ミラー受18aと18bは線16aと線16bを経てアースされている。揺動電圧は、一方の固定電極板と揺動電極板部とは同極性に、且つ他方の固定電極板と揺動電極板部とは逆極性になるようにして、駆動回路20から揺動電極板部11eと一方の固定電極板16aと16bに供給される。

【0020】図7は、アルファスアルミニウムで形成された一方の揺動電極板部11eと11e b及び非導電性材料で形成された1つのミラー部11mとからなる微小揺動ミラー11を有する微小揺動ミラー素子1の駆動電圧供給回路である。図7において揺動電極板部11eと11e bは線16aと線16bを経て、また固定電極板16aと16bは線16aと線16bを経て揺動回路20にそれぞれ接続されている。ミラー受18aと18bは線16aと線16bを経てアースされている。揺動電圧は、少なくとも一方の固定電極板と一方の揺動電極板部とは同極性に、且つ他方の固定電極板と他方の揺動電極板部とは逆極性になるようにして、駆動回路20から一方の揺動電極板部11eと11e bと一方の固定電極板16aと16bに供給される。

【0021】駆動回路20から駆動電圧が印加される場合、揺動電極板部と固定電極板との間には電界が発生し、同極性の揺動電極板部と固定電極板との間には静電気がよる吸引力が同時に逆極性の揺動電極板部と固定電極板との間には静電気による反発力がそれぞれ発生する。これらの静電気による吸引力と反発力によってトルクが発生し、微小揺動ミラー11を支点Z上で回動させ、逆極性の固定電極板の方に傾斜させる。支点Zは、図2においては、一方のヒンジ14aと14bが形成する揺動軸である。前記電界は揺動電極板部と固定電極板との距離、及び揺動電極板部の表面に誘起される表面電荷の分布に依存し、そして前記トルクはこの電界の大きさ

ある。一般に、電極への印加電圧が一定であれば、微小揺動ミラー11が傾斜して距離が小さくなる揺動電極板部と固定電極板との間の電界強度は距離が小さくなるに従って増加し、その結果、揺動電極板部と固定電極板との間の吸引力、従って微小揺動ミラー11に働く力は距離が小さくなるに従って強くなる。そして、揺動電極板部の表面に誘起される表面電荷の分布状態も変化して、より距離の小さな部分即ち固定電極板との間隔の狭い部分に集中する傾向がある。このため、微小揺動ミラー11の傾斜の大きさ、従ってミラー変位角は、時間の2乗以上の大きな指数をもって変化する。

【0022】一方のヒンジ14aと14bが形成する揺動軸上で回動し続ける微小揺動ミラー11は、ミラー受18aと18bの一方、即ち逆極性の駆動電圧を印加された固定電極板側のミラー受に衝突して停止する。ミラー受18aと18bは、ミラー受台19aと19bを介してアースされているので、微小揺動ミラー11の表面に帯電した電荷は、この衝突によって瞬時に完全に除去される。一方のヒンジ14aと14bとミラー支柱12は弾性の大きなアルファスアルミニウムで形成されているので、表面電荷が除去されると微小揺動ミラー11はこれらの部材の弾性によって元の位置に復帰する。なお、本実施例においては、揺動電極板部11eとミラー部11mとは、共通の導電性材料、例えばアルミニウムなどで構成してもよい。

【0023】本発明に係る微小揺動ミラー素子1を備えたレーザ走査装置において、周期的に変化する駆動電圧は、図8の図9に示す如く最大値と最小値の時間を共に非線形間数的に下降し次いで上昇するアナログ的な非線形電圧。又は図9の図9に示す如く最大値と最小値の間を時間と共に非線形間数的に下降し次いで上昇するアナログ的な非線形電圧でパルス幅調整されて得られたものと同一のデジタル的な非線形電圧とした。前者は1kHz程度の低速で走査する場合に適用している。周期的な程度までの高速で走査する場合に適用することによって、本発明に係るレーザ走査装置におけるミラー変位角は、図8又は図9のそれぞれの図9に示す如く、時間と共に直線的に変化するようになった。このような非線形の駆動電圧を印加してミラー変位角の直線的な動作を実現できたのは、微小揺動ミラー素子1の微小揺動ミラー11が20から200μm角というサイズも性質も小さいものであるからである。

【0024】図8又は図9に示す非線形電圧の波形の非線形間数は、ミラー変位角が時間と共に直線的に変化するように変動的に求める。ミラー変位角は、変換したレーザ光の走査角度から直接求める。図8から分るように、駆動電圧の周期位相はミラー変位角の周期位相よりも若干遅れている。このときの図8におけるa、b、c及びd、並びに位相のずれ時間は実験的に求める。図8

に示す如き非線形波形の駆動電圧は、例えば図13の上段に示す矩形波パルスを非線形回路を通してることによって得られる。しかしながら、揺動周波数が大きくなるにつれて、図8に示す如きアナログ的な波形状制は実現するが困難であり、実現するにしても回路が複雑になる。100kHzまでの高速走査に対応させるには、図9の上段に示す如きデジタル的な波形状制に適している。図9の駆動電圧は、図8のアナログ的な非線形電圧でパルス幅調整されて得られたものと同一のデジタル的な非線形電圧であるが、このようなデジタル的な電圧ではデジタル演算子を用いることによって、容易に実現できる。なお、図8におけるa、b、c及びd、並びに位相のずれ時間は実験的に求める。また、微小揺動ミラーの揺動の1周期変位中の駆動電圧のサンプリング数は、ミラー変位角の時間的変化の直線性が保てる程度に十分に大きなものとした。

【0025】  
【実施例】図10は、微小揺動ミラーモジュール、即ち微小揺動ミラー素子1、半導体レーザ2及び集光用微小レンズ3を所定の配置関係にして構成した微小揺動ミラーモジュール21を用いて構成したレーザプリンタの概要。特にそのレーザ走査光学系を示すものである。図10において、微小揺動ミラーモジュール21から走査出力されたレーザ光は、コリメータレンズ22でコリメートされて平行光に変換され、集光レンズ23とfθレンズ24とによって感光ドラム25上に集光照射される。このような構成であるために、微小揺動ミラーモジュール21を用いたレーザプリンタは、前記コリメータレンズ22を用いたレーザプリンタは、前記コリメータレンズ22が図10に示すような広い焦点面からの出射光に対応してコリメートできるものでなければならぬが、従来のポリゴンミラーを用いたレーザプリンタに比べて、大きなポリゴンミラー及びモータは勿論のこと一方のシリンドリカルレンズも不要となるので、装置の小型化を図ることができるという大きな利点を有する。なお、上記微小揺動ミラーモジュールには、駆動回路20が含まれてもよい。また、従来装置に用いられている前記一方のシリンドリカルレンズは、ポリゴンミラーから一反射光を元のコリメートされた光に変換させるためのレンズである。

【0026】図11は、微小揺動ミラー素子1、半導体レーザ2及び集光用微小レンズ3を所定の配置関係にして構成した微小揺動ミラーモジュール31とポリゴンミラーとを組み合わせて構成した二次元方向のレーザ走査装置の光学系を示すものである。図11において、微小揺動ミラー素子1は、微小揺動ミラー素子1、半導体レーザ2及び集光用微小レンズ3と二次元方向のレーザ走査装置を組み合わせたレーザプリンタに走査出力されるレーザ光はコリメータレンズ22と集光レンズ33を経てポリゴンミラー34の鏡面に入射して反射され、集光レンズ36と37を経て、例えば光書式空間光変調器38に到達する。ポリゴンミラー34はモータ35によって水平方向に回転駆動されているので、光書式空間

間光変調器38に到達したレーザ光は垂直方向と水平方向の走査が組み合わされた二次元方向に走査されたレーザ光となる。このような構成の微小揺動ミラーモジュール31とポリゴンミラーとを用いた二次元方向のレーザ走査装置によれば、高分解能の画像を高速に形成することができると、例外的な画像を光書式空間光変調器に書き込み、並列的な光学処理を高速で行うことが可能である。

【0027】なお、本発明に係る微小揺動ミラー素子1を用いたレーザ走査装置は、上述の実施例では二次元方向の走査を行うものであったが、二次元的な走査も可能である。即ち、本発明に係る微小揺動ミラー素子1を2個使い、1個はx方向の走査に、且つ他の1個はy方向の走査に用いるようにレーザ光学系を構成することによって二次元的な走査を行うレーザ走査装置を実現できる。また、本発明に係る微小揺動ミラー素子1を駆動する駆動電圧、即ち周期的に変化する電圧であって最大値と最小値の間を時間と共に非線形間数的に下降し次いで上昇する非線形波形の駆動電圧を形成する図6ないし図7の駆動回路20は、その全部または一部を微小揺動ミラー素子1のシリコン基板10内に形成されたトランジスタ等の基本回路素子で構成することも可能である。

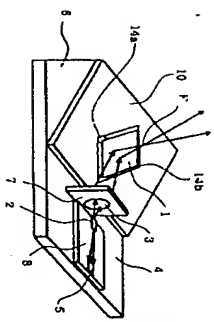
【0028】

【発明の効果】本発明に係る微小揺動ミラー素子は、揺動電極板部とミラー部とからなる微小揺動ミラー、一方の固定電極板、及び一方のミラー受が半導体基板上に微細加工技術によって形成され、且つ周期的に変化する駆動電圧であって最大値と最小値の間を時間と共に非線形間数的に下降し次いで上昇する非線形波形の電圧で駆動するようにしたものであるから、従来の微小揺動ミラー素子と異なり、微小揺動ミラーの変位角が時間に対して直線的に変化するようになった。従って、このような直線的な特性を有する微小揺動ミラー素子を用いた本発明に係るレーザ走査装置は、装置の小型化と低価格化、走査の高速化を実現できた。微小揺動ミラー素子1、半導体レーザ2及び集光用微小レンズ3を所定の配置関係にしてモジュール化し、レーザ走査光の出射窓を有する真空容器に封入したので、ミラーの揺動動作の効率が高まったので高速且つ安定な走査が実現できた。更に、ミラー変位角を全て電氣的に実現することができるので、ポリゴンミラーやガルバノミラーを用いた従来のレーザ走査装置に比べて、調整が非常に容易になった。更に、本発明に係る微小揺動ミラー素子は、小型、ミラー変位角の調整が容易、ミラー変位角の時間的直線性が良好等の数々の特長を備えているので、レーザプリンタ、レーザレダ、光画像入力システム、その他の多くの装置やシステムへの応用が可能である。

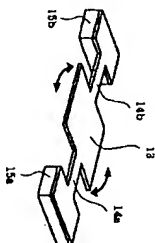
【図面の簡単な説明】

- 11
- 【図1】微小振動ミラー素子を用いたレーザ走査装置の主要部の斜視図である。
- 【図2】微小振動ミラー素子を用いたレーザ走査装置の概観図である。
- 【図3】微小振動ミラー素子の側面図である。
- 【図4】微小振動ミラー素子のヒンジとヨークの斜視図である。
- 【図5A】微小振動ミラー素子に対する入射光と反射光の光路を示す図である。
- 【図5B】微小振動ミラー素子に対する入射光と反射光の光路を示す図である。
- 【図6】微小振動ミラー素子の駆動電圧供給回路の一例を示す図である。
- 【図7】微小振動ミラー素子の駆動電圧供給回路の他の一例を示す図である。
- 【図8】微小振動ミラー素子の駆動電圧とミラー方位角の時間的変化の一例を示す図である。
- 【図9】微小振動ミラー素子の駆動電圧とミラー方位角の時間的変化の他の一例を示す図である。
- 【図10】微小振動ミラー素子を用いたレーザプリンタの一例の概観図である。
- 【図11】微小振動ミラー素子とポリゴンミラー装置を組み合わせて構成した二次元レーザ走査装置の一例の概観図である。
- 【図12】従来のポリゴンミラー装置の一例の概観図である。
- 【図13】従来の微小振動ミラー素子の駆動電圧とミラー方位角の時間的変化の一例を示す図である。
- 【符号の説明】
- 1 微小振動ミラー素子
  - 2 半導体レーザ
  - 3 集光用微小レンズ
  - 4 ベース基板
  - 5 フォトリソグラフィ
  - 6 ミラー台
  - 7 微小レンズ台
  - 8 レーザ台
  - 9 駆動電圧供給回路

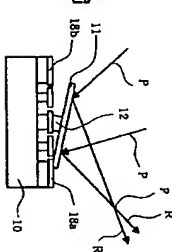
【図1】



【図4】



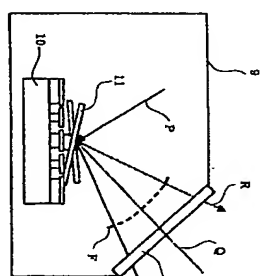
【図5A】



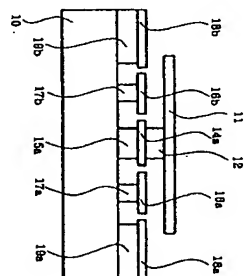
12

- 10 シリコン基板
- 11 微小振動ミラー
- 11a, 11b 振動電極板
- 12 ミラー支柱
- 13 ヨーク
- 14a, 14b ヒンジ
- 15a, 15b ヒンジ台
- 16a, 16b 固定電極板
- 17a, 17b 電極支柱
- 18a, 18b ミラー受
- 19a, 19b ミラー受台
- 20 駆動回路
- 21 微小振動ミラーモジュール
- 22 コリメータ
- 23 集光レンズ
- 24 fθレンズ
- 25 感光ドラム
- 31 微小振動ミラーモジュール
- 32 コリメータ
- 33 集光レンズ
- 34 ポリゴンミラー
- 35 モータ
- 36, 37 集光レンズ
- 38 光電変換空間光変調器
- 41 半導体レーザ
- 42 ポリゴンミラー
- 43 モータ
- 44, 45 集光レンズ
- 46 反射ミラー
- 47 感光ドラム
- F 焦点面
- L, La, Lb, Le, Lea, Leb 線
- P 入射光
- Q 反射中心
- R 反射光
- W 出射窓
- Z 支点

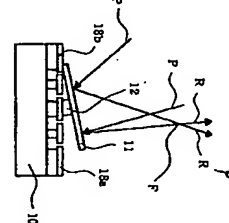
【図2】



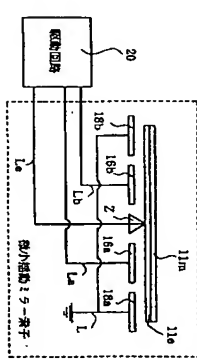
【図3】



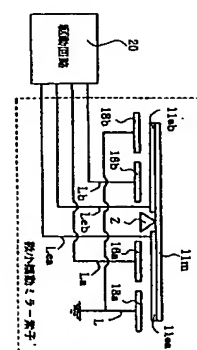
【図5B】



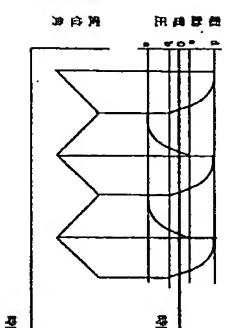
【図6】



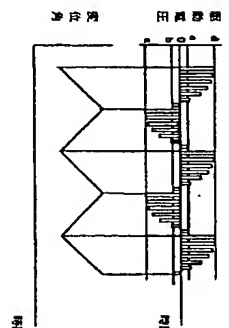
【図7】



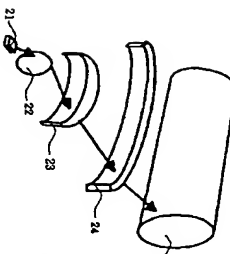
【図8】



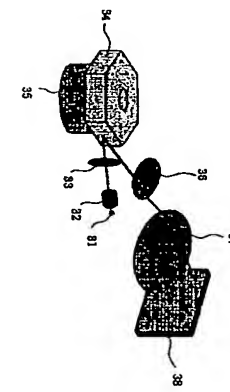
【図9】



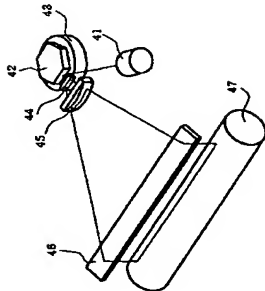
【図10】



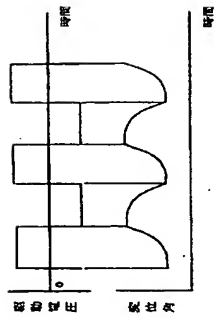
【図11】



【図12】



【図13】



## 【手続補正書】

【提出日】平成11年7月23日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0003

【補正方法】変更

【補正内容】

【0003】そこで、プロジェクタの反射ミラーとして用いられ、微小揺動ミラー素子を用いた光偏向装置を、複写機やプリンタの光走査系に利用して小型化を図ることが提案されたが、未だに実用化されていない。微小揺動ミラー素子が反射ミラーとして用いられるプロジェクタにおいては、図13に示す如く、矩形波パルス電圧で駆動されるためにミラーの変位角が非直線的であり、従って直線的な変位角が要求される光偏向装置には利用できないことである。また、特開平4-230723号公報は、ランディング電極を有する空間光変調器において、微小揺動ミラーの複数電極に印加するデジタル電圧の組合わせを適切に選ぶことによりミラーに働くトルクを一定にする駆動方法が開示されている。この駆動方法で駆動された微小揺動ミラー素子を用い、且つ走査光源のレーザの発光時間間隔を非線形に変化させる光頭駆動方式と組合わせることで、結果として感光体上で走査光が一定距離間隔ではあるが直線的に走査されることが可能であり、微小揺動ミラー素子を用いた光偏向装置は実現可能ではある。しかしながら、このような光偏向装置は駆動方式が複雑な上に、長い走査距離においては精密な直線性を保つことが困難であるという問題がある。例えば、A4サイズの長さであればスポットずれがスポット径の1/3に相当する30μm以下の精密な直線性を保つことが困難である。また、電極構造も複雑になるという問題もある。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0028

【補正方法】変更

【補正内容】

【0028】

【発明の効果】本発明に係る微小揺動ミラー素子は、揺動電極板とミラー部とからなる微小揺動ミラー、一対の固定電極板、及び一対のミラー受が半導体基板上に微細加工技術によって形成され、且つ周期的に変化する駆動電圧であって最大値と最小値の間を時間と共に非線形間数的に下降し次いで上昇する非線形波形の電圧で駆動するようにしたものであるから、微小揺動ミラーの変位角が時間に対して直線的に変化するようになった。このため、このような方式で駆動された微小揺動ミラー素子を用いて構成したレーザ走査装置においては、複雑な電極構造を採用したり、或いはレーザの発光時間間隔を非線形に変化させる必要が全くなかった。しかも、長い走査距離において精密な直線性を保つことが可能になった。また、微小揺動ミラー素子、半導体レーザ及び集光用微小レンズを所定の配置関係にしてモジュール化し、レーザ走査光の出射窓を有する真空容器に封入したので、ミラーの揺動動作の効率が高まった。更に、ミラーの変位角を全て電氣的に実現することができ、調整が非常に容易になった。要するに、本発明により、装置の小形化と低価格化、走査の高速化と長い走査距離までも保持された精密な直線性、取り扱いは利便性等が図られ、且つレーザプリンタ、レーザレコーダ、光面複写機等を用いたレーザ走査装置が提供された。